

Метод ограничения нестандартных моделей гравитации с помощью астрометрии точечных галактических и негалактических объектов на разных частотах.

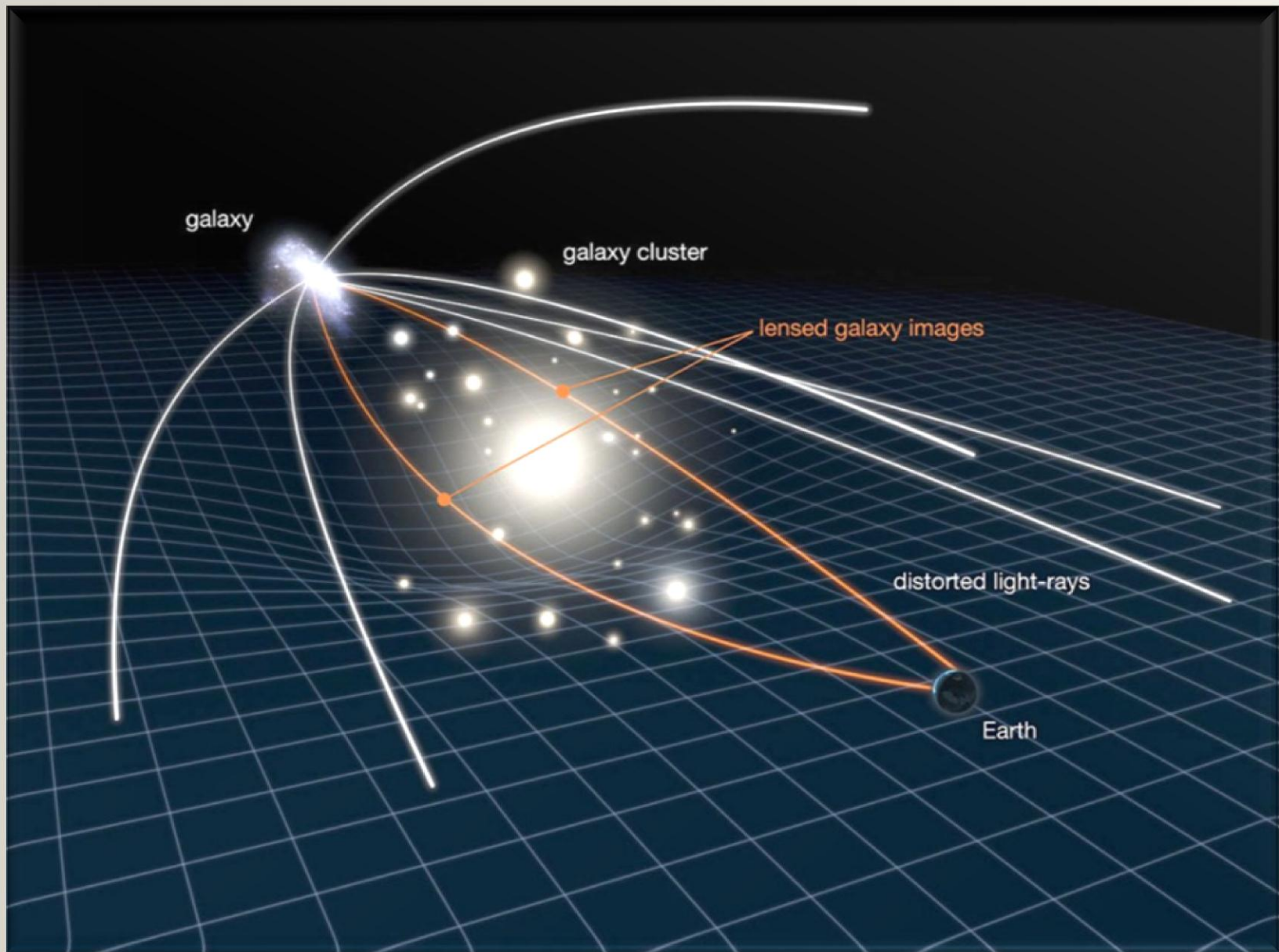


Акопян А.Л.
Гузинин М.В.
ФОПФ, МФТИ

Часть 1

**Основные предположения и методы
в теоретических расчетах и предсказаниях**





(α, β, γ) модель распределения плотности

$$\rho(r) = \rho_s 2^{(\beta-\gamma)/\alpha} \left(\frac{r}{r_s} \right)^{-\gamma} \left[1 + \left(\frac{r}{r_s} \right)^\alpha \right]^{\frac{\gamma-\beta}{\alpha}}$$

$$\{\alpha, \beta, \gamma\} = \{1, 3, 1\}$$

$$\rho(r) = \frac{\rho_o}{\frac{r}{r_s} \left(1 + \frac{r}{r_s} \right)^2}$$

Интегрируемая модель Наварро-Френка-Уайта (NFW profile)

Метрика для центрально-симметричного распределения

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} B(r) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -A(r) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r^2 \sin^2 \theta \end{pmatrix}$$

$$p = 0$$

$$B(r) = \exp \left(- \int_r^\infty \frac{2GM(x)}{x^2} \left[1 - \frac{2GM(x)}{x} \right]^{-1} dx \right)$$

$$A(r) = \left[1 - \frac{2GM(r)}{r} \right]^{-1}$$

Метрика для центрально-симметричного распределения

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} B(r) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -A(r) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r^2 \sin^2 \theta \end{pmatrix}$$

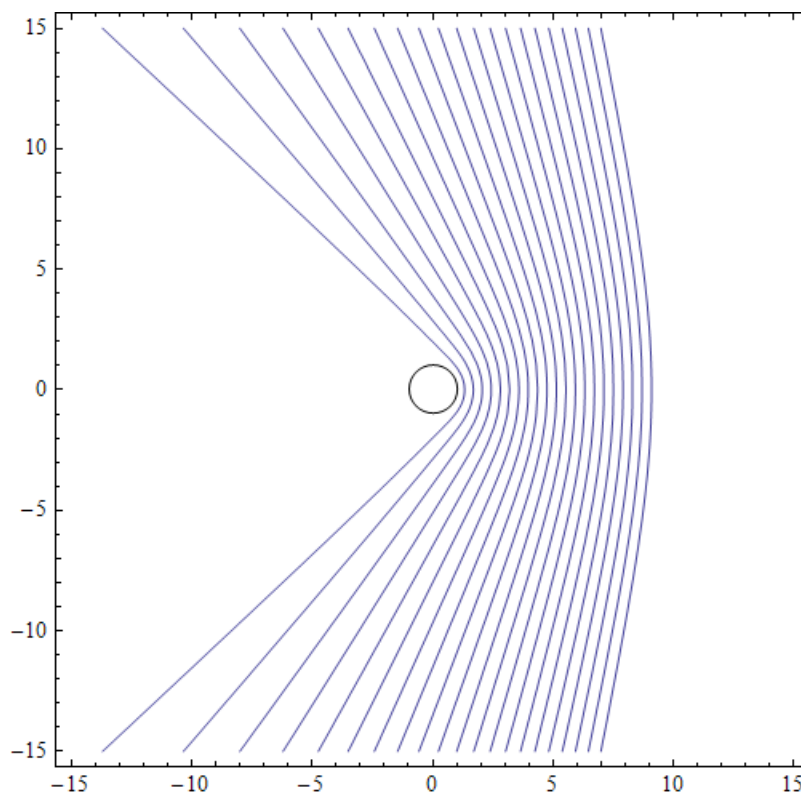
$$p = 0$$

$$B(r) = 1 - 2G \int_r^\infty \frac{M(x)}{x^2} dx$$

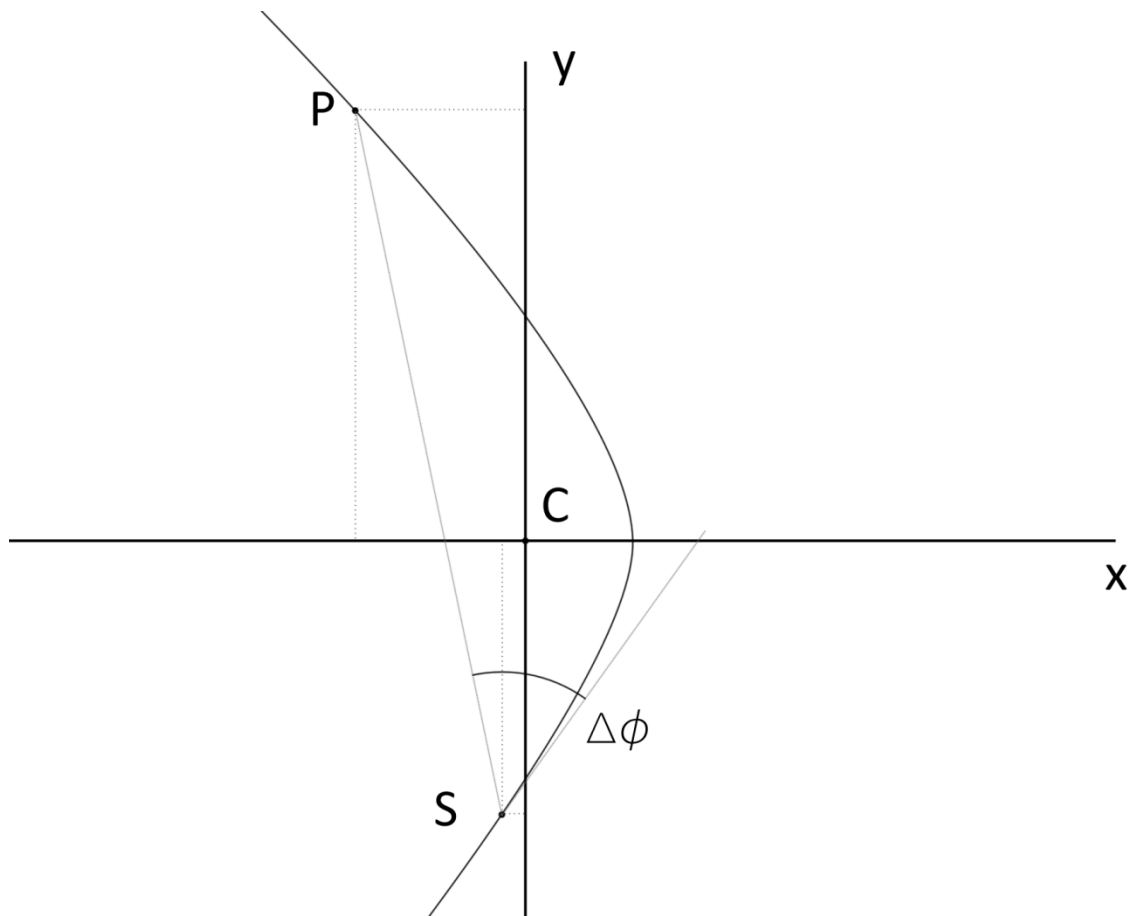
$$A(r) = \left[1 - \frac{2GM(r)}{r} \right]^{-1}$$

Вывод траектории света в среде с распределением массы NFW

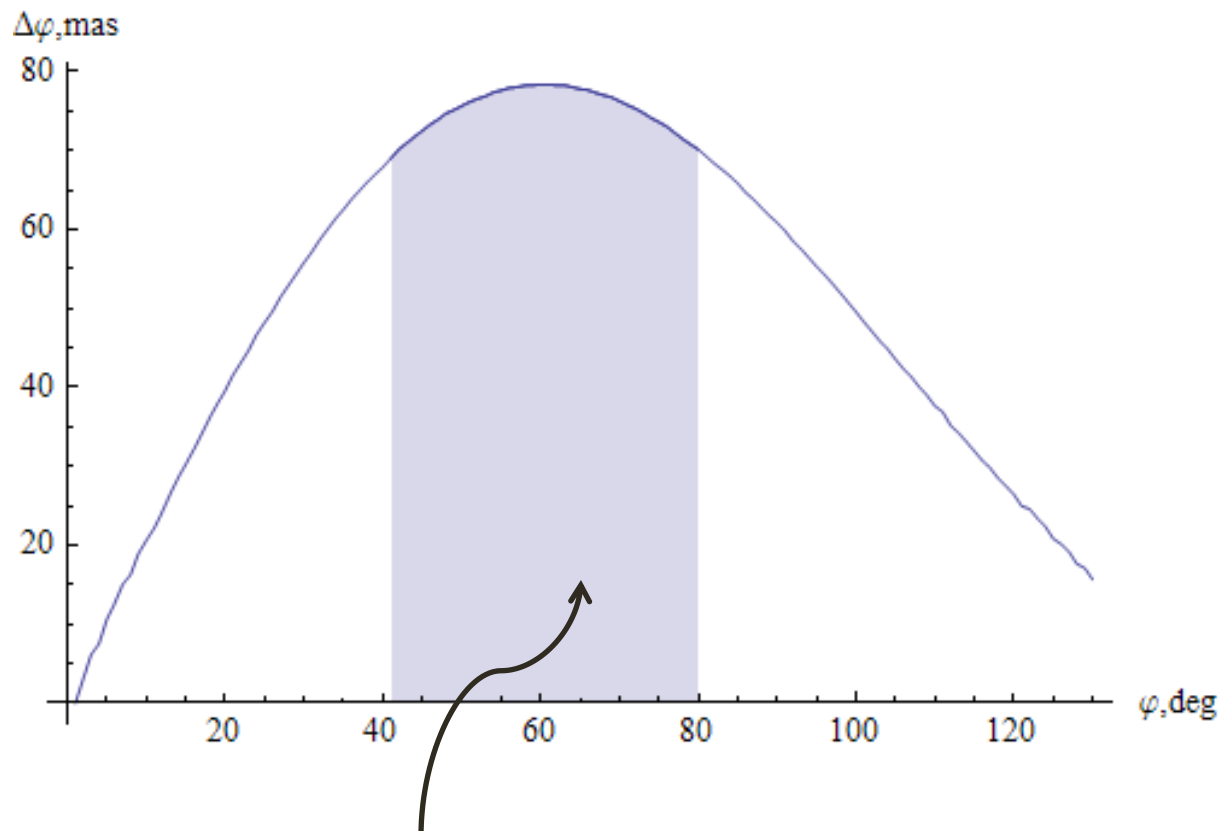
$$r(\varphi) = \frac{4R_s r_o}{H r_o - H r_o \cos \varphi + 4R_s \cos \varphi}$$



Вывод траектории света в среде с распределением массы NFW



Некоторые результаты программы для расчета угла отклонения



Имеет смысл искать эффекты на этих углах.

R.A.: $XX^h XX^m XX^s.XXXX(+/-XX)$
Dec.: $XX^\circ XX' XX''.XXXX (+/-XX)$

φ_{ω_1} φ_{ω_2}
 $\sigma_{\varphi_{\omega_1}}$ $\sigma_{\varphi_{\omega_2}}$

Конвертер
координат из
эклиптической в
галактическую.

$\langle \varphi \rangle$

Расчет угла
отклонения с
помощью
метрики NFW.

$\Delta \varphi$

Компановщик и
графер.

σ_φ
 $\Delta \varphi_\omega$

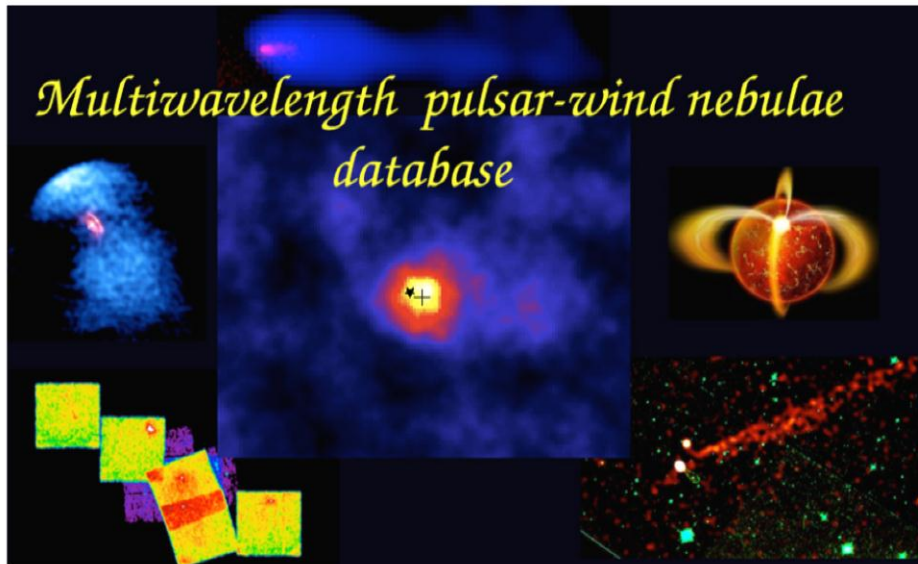
Часть 2

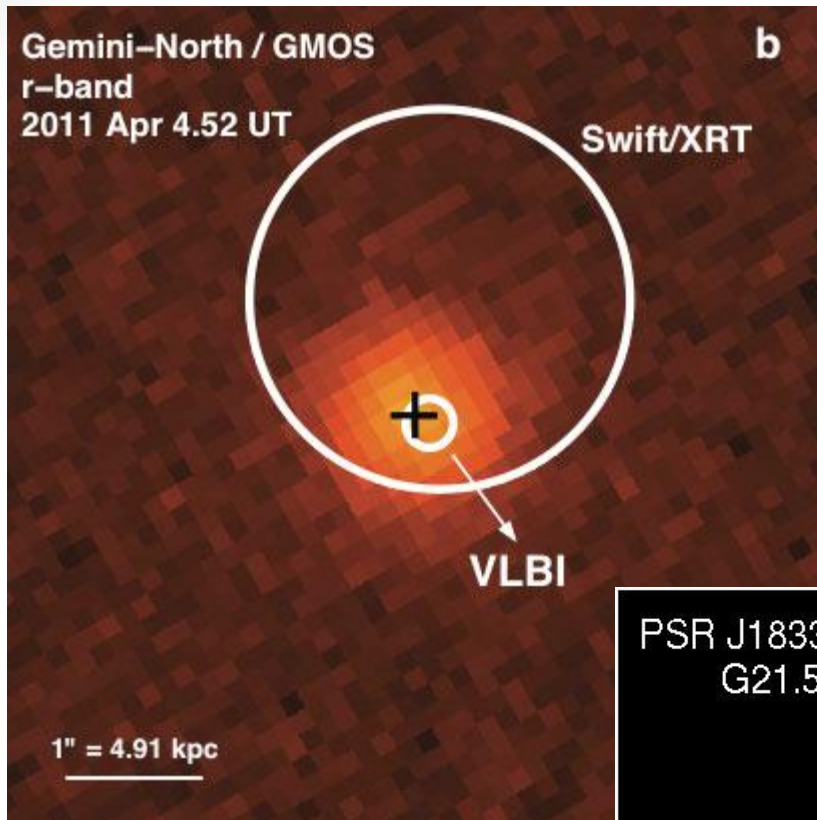
**Поиски эффектов
гравитационной дисперсии
и основные результаты**

Радиопульсары в двух диапазонах вблизи галактического балджа

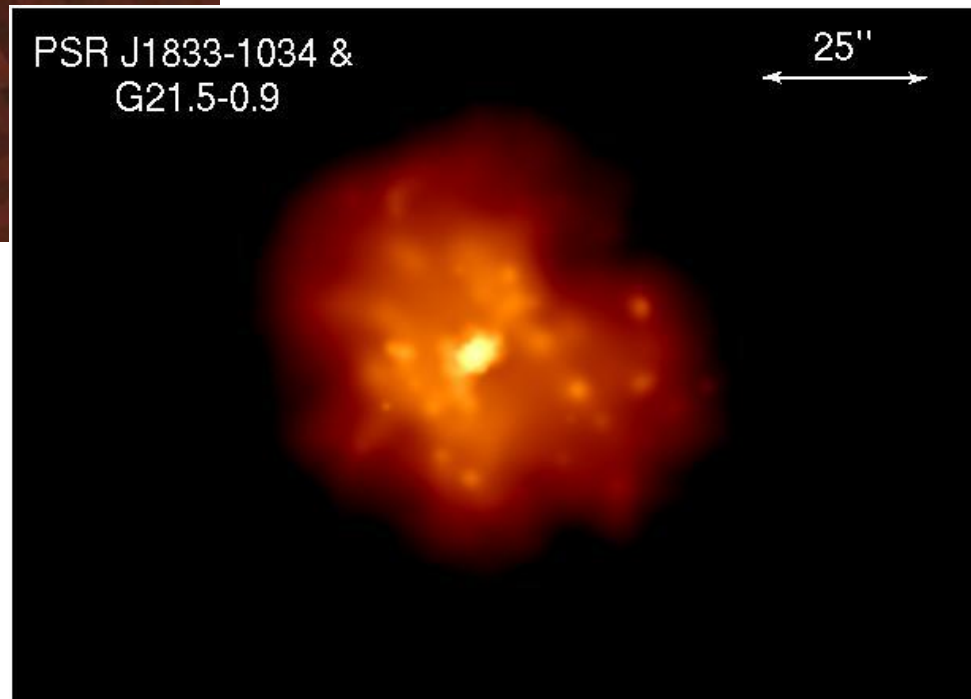
ATNF Pulsar Catalogue

*Multiwavelength pulsar-wind nebulae
database*

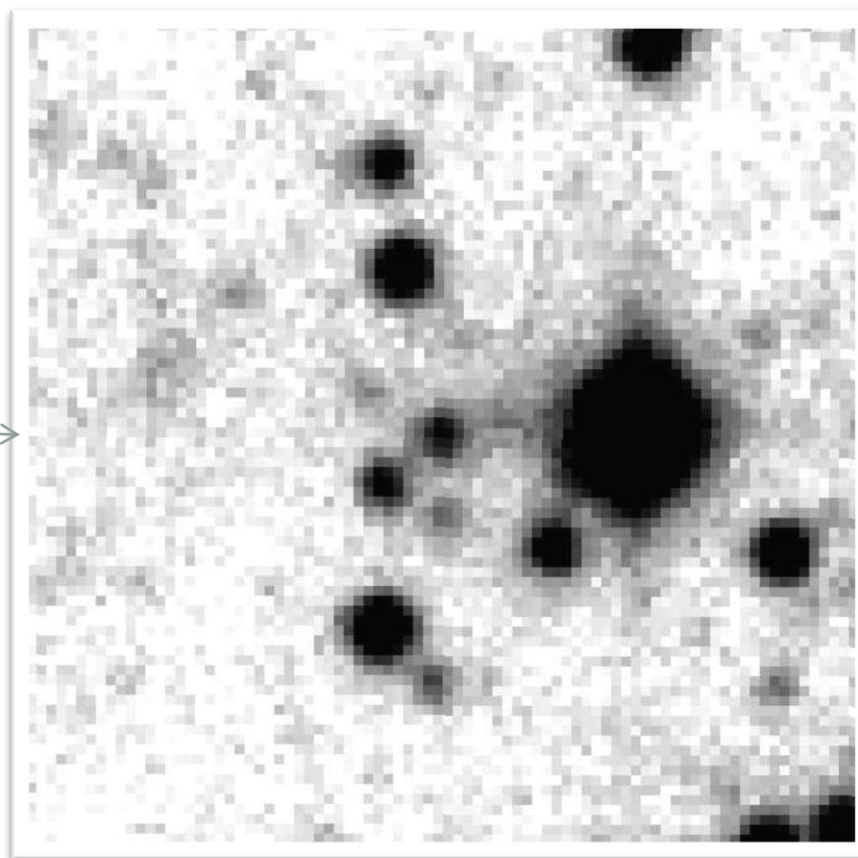
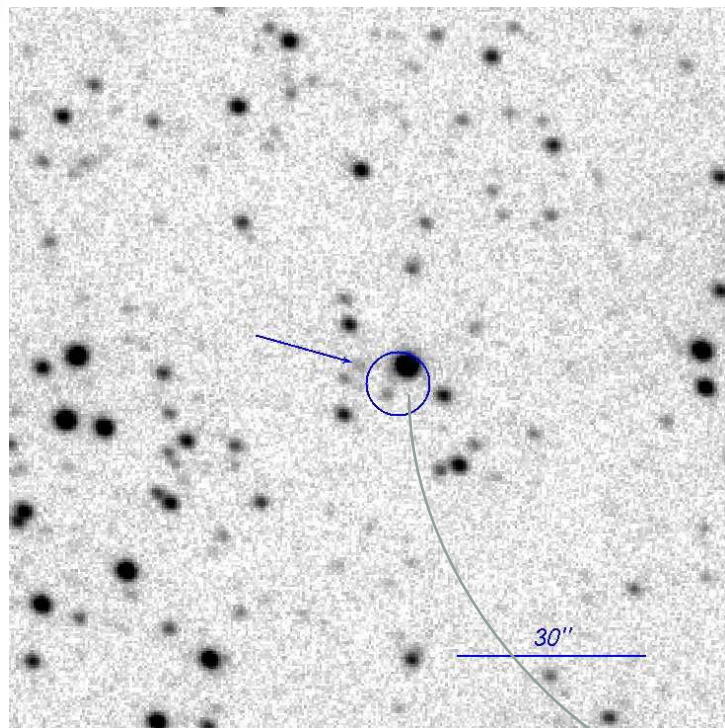




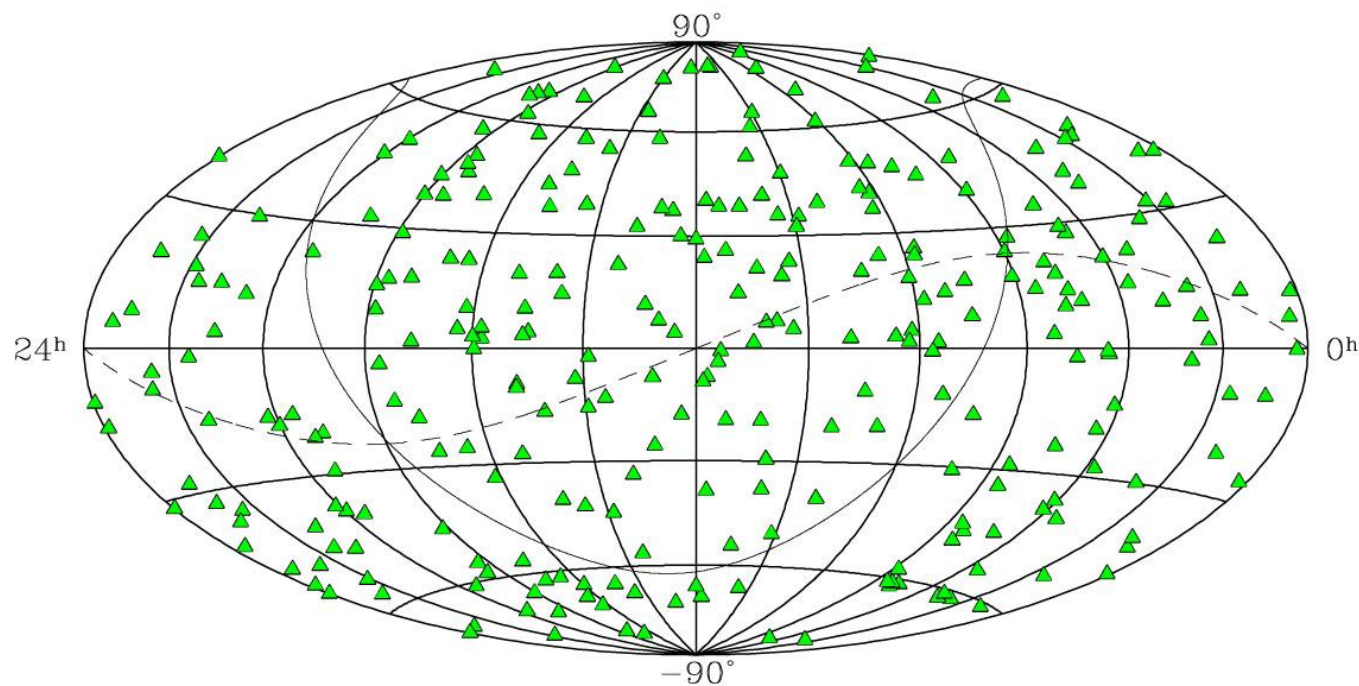
Сравнение углового
разрешения Chandra и радио
интерферометров
работающих по технологии
VLBI



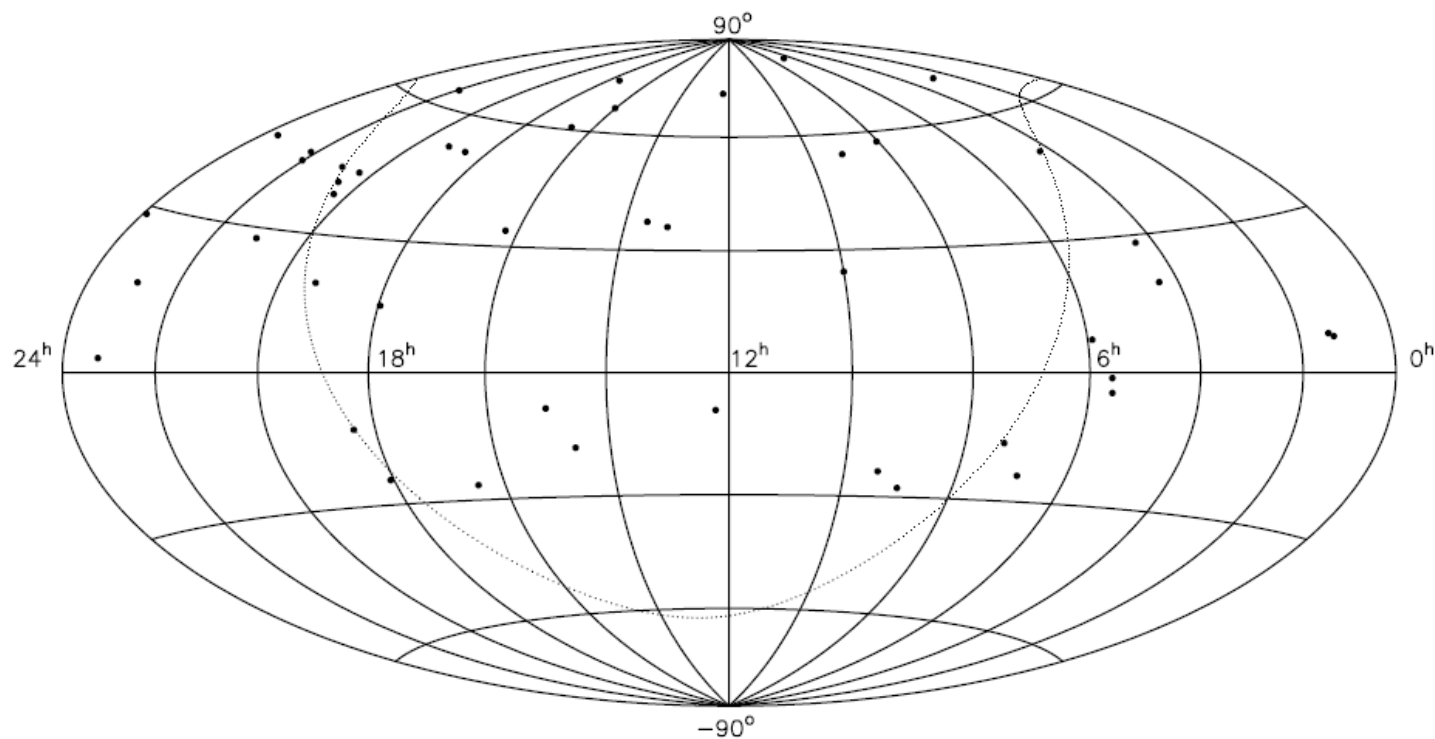
Сложности в
идентификации
объектов на двух
диапазонах



ICRF калибраторы



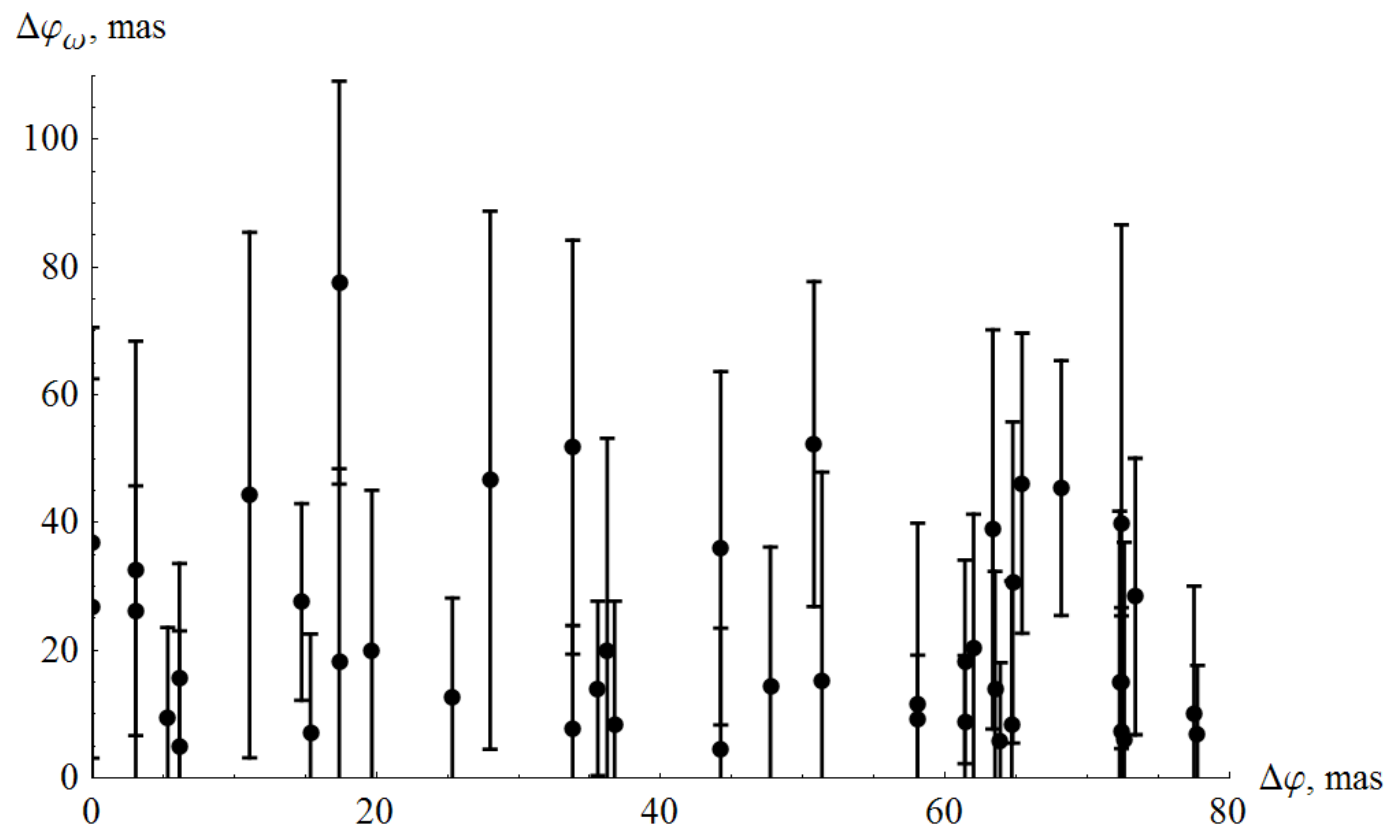
Астрометрия 46 звезд в радио и оптическом диапазоне с помощью VLBI и Hipparcos



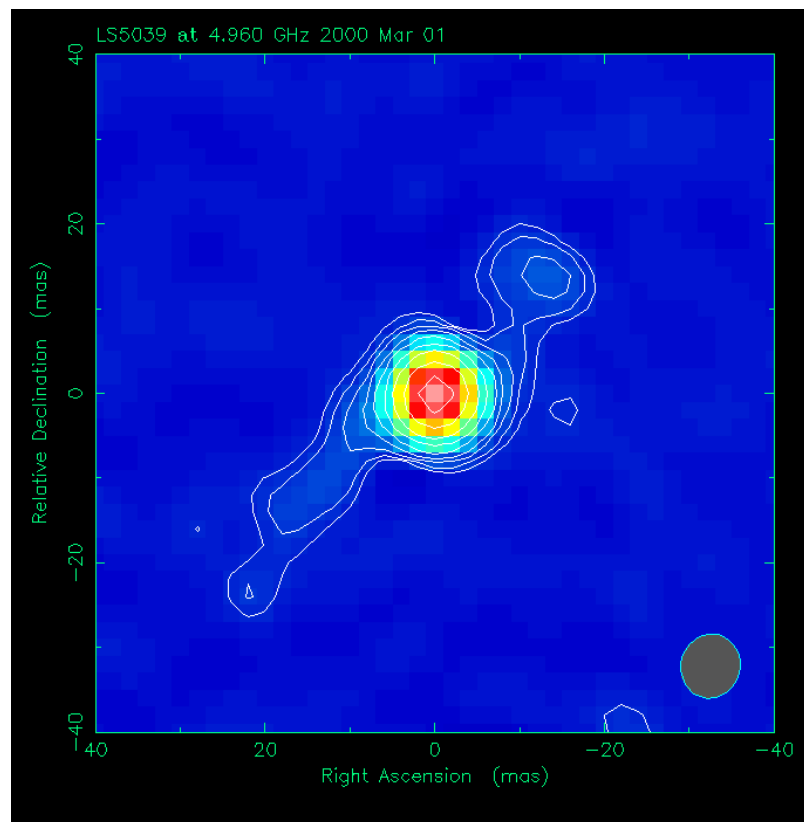
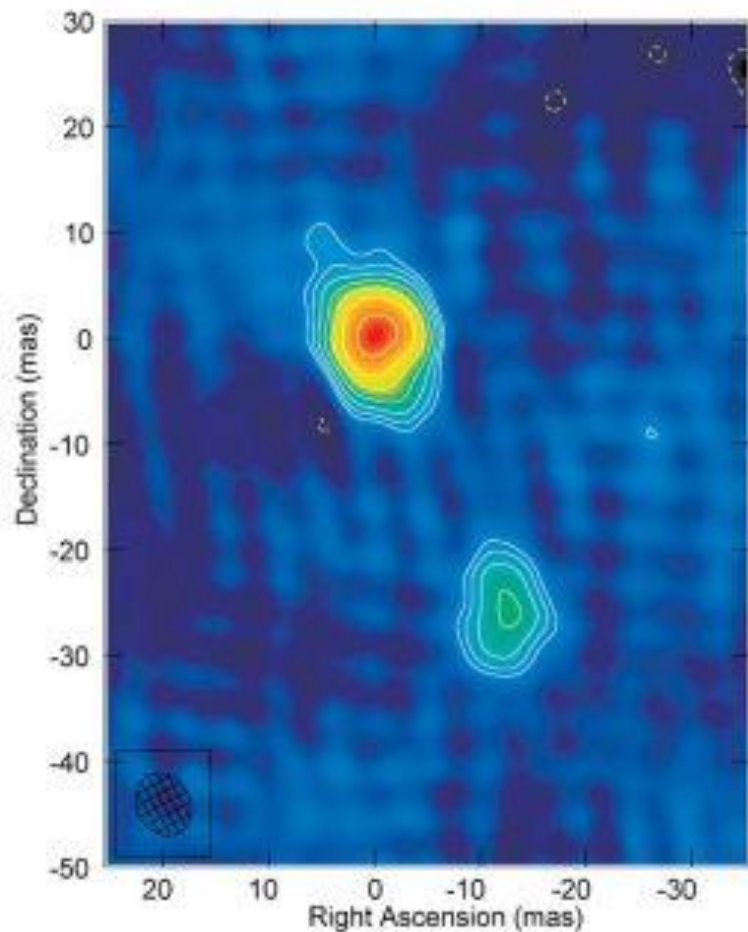
Star Name	<i>Hipparcos</i> Number	ICRF Calibrator	ICRF Category ^a	α (J2000.0) ^b	δ (J2000.0) ^b	Separation (deg)
UV Psc.....	5980	0119+041	C	01 21 56.861699	04 22 24.73436	2.7
HD 8357.....	6454	0119+041	C	01 21 56.861699	04 22 24.73436	3.1
RZ Cas.....	13133	0224+671	D	02 28 50.051459	67 21 03.02926	2.9
B Per.....	20070	0355+508	O	03 59 29.747262	50 57 50.16151	3.0
HD 283572.....	20388	0430+289	N	04 33 37.829860	29 05 55.47701	2.7
T Tau N.....	20390	0409+229	N	04 12 43.666851	23 05 05.45299	4.2
HD 37017.....	26233	0539-057	D	05 41 38.083384	-05 41 49.42839	2.0
ϵ Ori.....	26311	0539-057	D	05 41 38.083384	-05 41 49.42839	4.7
α Ori.....	27989	0529+075	C	05 32 38.998531	07 32 43.34586	5.6
SV Cam.....	32015	0615+820	D	06 26 03.006188	82 02 25.56764	0.6
HD 50896.....	33165	0646-306	C	06 48 14.096441	-30 44 19.65940	6.9
R CMa.....	35487	0727-115	O	07 30 19.112472	-11 41 12.60048	5.4
54 Cam.....	39348	0749+540	D	07 53 01.384573	53 52 59.63716	3.7
TY Pyx.....	44164	0919-260	O	09 21 29.353874	-26 18 43.38604	5.1
XY UMa.....	44998	0850+581	D	08 54 41.996385	57 57 29.93928	4.1
IL Hya.....	46159	0919-260	O	09 21 29.353874	-26 18 43.38604	2.6
DH Leo.....	49018	0953+254	O	09 56 49.875361	25 15 16.04977	1.0
HU Vir.....	59600	1145-071	C	11 47 51.554036	-07 24 41.14109	6.5
DK Dra.....	59796	1053+704	C	10 56 53.617492	70 11 45.91585	6.7
RS CVn.....	64293	1315+346	C	13 17 36.494189	34 25 15.93266	2.1
HR 5110.....	66257	1315+346	C	13 17 36.494189	34 25 15.93266	4.4
RV Lib.....	71380	1430-178	C	14 32 57.690643	-18 01 35.24885	0.7
δ Lib.....	73473	1511-100	C	15 13 44.893444	-10 12 00.26435	3.6
AG Dra.....	78512	1642+690	D	16 42 07.848514	68 56 39.75640	4.4
σ^2 CrB.....	79607	1611+343	C	16 13 41.064249	34 12 47.90909	0.4
α Sco.....	80763	1622-253	O	16 25 46.891639	-25 27 38.32688	1.3
WW Dra.....	81519	1637+574	D	16 38 13.456293	57 20 23.97918	3.4
29 Dra.....	85852	1749+701	D	17 48 32.840231	70 05 50.76882	4.3
Z Her.....	87965	1743+173	D	17 45 35.208181	17 20 01.42341	3.7
9 Sgr.....	88469	1817-254	C	18 20 57.848685	-25 28 12.58456	4.0
FR Sct.....	90115	1817-254	C	18 20 57.848685	-25 28 12.58456	12.8
BY Dra.....	91009	1823+568	D	18 24 07.068372	56 51 01.49088	5.3
HR 7275.....	94013	1954+513	D	19 55 42.738273	51 31 48.54623	7.3
U Sge.....	94910	1923+210	C	19 25 59.605370	21 06 26.16218	2.3
V444 Cyg.....	100214	2005+403	O	20 07 44.944851	40 29 48.60414	2.9
HD 102702.....	100287	2005+403	O	20 07 44.944851	40 29 48.60414	4.1

STAR NAME (1)	<i>Hipparcos</i> NUMBER (2)	RADIO ERRORS (mas)		<i>Hipparcos</i> ERRORS ^a (mas)		COMBINED ERRORS ^b (mas)		$\Delta_{Hipp.-radio}$ (mas)	
		$\alpha \cos \delta$ (3)	δ (4)	$\alpha \cos \delta$ (5)	δ (6)	$\alpha \cos \delta$ (7)	δ (8)	$\alpha \cos \delta$ (9)	δ (10)
UV Psc.....	5980	17.8	20.3	13.9	11.2	22.6	23.2	6.6	-51.4
HD 8357	6454	4.4	5.8	12.0	8.1	12.7	10.0	2.2	7.4
RZ Cas.....	13133	8.0	10.1	5.0	6.8	9.5	12.2	7.0	-1.3
B Per	20070	5.1	4.4	14.3	11.5	15.2	12.3	25.1	-7.5
HD 283572	20388	18.7	19.5	19.2	13.9	26.8	23.9	-22.8	23.2
T Tau N.....	20390	10.0	11.0	23.0	19.8	25.0	22.6	35.2	-10.9
HD 37017	26233	9.2	9.4	10.6	6.9	14.0	11.6	3.3	-3.6
ϵ Ori	26311	6.9	12.1	9.8	5.4	12.0	13.3	12.1	10.0
α Ori	27989	5.3	12.0	28.1	17.8	28.5	21.5	26.5	4.3
SV Cam.....	32015	12.4	12.1	11.6	14.3	16.9	18.7	-5.1	-19.2
HD 50896	33165	32.2	25.4	5.3	8.1	32.6	26.7	35.9	29.8
R CMa.....	35487	3.6	6.6	9.4	9.6	10.0	11.7	8.3	26.3
54 Cam.....	39348	2.8	6.7	9.5	7.7	9.9	10.2	-9.2	1.7
TY Pyx.....	44164	10.6	12.3	6.4	7.5	12.3	14.4	2.8	3.6
XY UMa.....	44998	25.9	19.1	21.1	14.4	33.5	23.9	34.6	-27.7
IL Hya.....	46159	8.4	23.2	9.9	7.5	13.0	24.4	34.2	-11.2
DH Leo	49018	11.2	13.6	13.7	10.0	17.7	16.9	-49.5	-95.6
HU Vir	59600	9.7	16.2	13.4	9.8	16.6	18.9	22.4	-20.9
DK Dra	59796	8.5	9.1	6.8	6.2	10.9	11.0	0.0	-12.7
RS CVn.....	64293	6.1	4.9	10.7	8.8	12.3	10.1	13.7	12.0
HR 5110.....	66257	6.9	3.0	5.5	4.8	8.8	5.6	5.4	-6.9
RV Lib	71380	7.6	11.3	21.5	17.3	22.8	20.7	4.8	-3.8
δ Lib.....	73473	8.6	10.7	10.5	9.9	13.6	14.6	-18.5	41.5
AG Dra	78512	17.9	21.0	11.2	13.2	21.2	24.8	11.3	10.3
σ^2 CrB.....	79607	8.7	4.8	10.5	13.7	13.7	14.5	9.0	-4.6
α Sco	80763	7.2	13.9	24.4	16.4	25.5	21.5	19.6	-3.2
WW Dra.....	81519	10.0	12.6	18.9	18.9	21.4	22.8	34.2	18.6
29 Dra	85852	13.0	15.2	10.6	11.5	16.8	19.1	-20.3	48.2
Z Her.....	87965	13.0	13.0	8.4	7.8	15.5	15.1	19.5	-20.7
9 Sgr.....	88469	12.5	21.6	14.7	8.8	19.3	23.3	7.2	16.7
FR Sct.....	90115	11.0	17.0	19.8	14.1	22.6	22.0	-23.0	74.1
BY Dra.....	91009	12.5	13.6	8.7	9.4	15.2	16.6	7.7	3.2
HR 7275	94013	14.5	16.0	6.7	6.4	15.9	17.3	44.4	12.7

Результат расчета с помощью программы

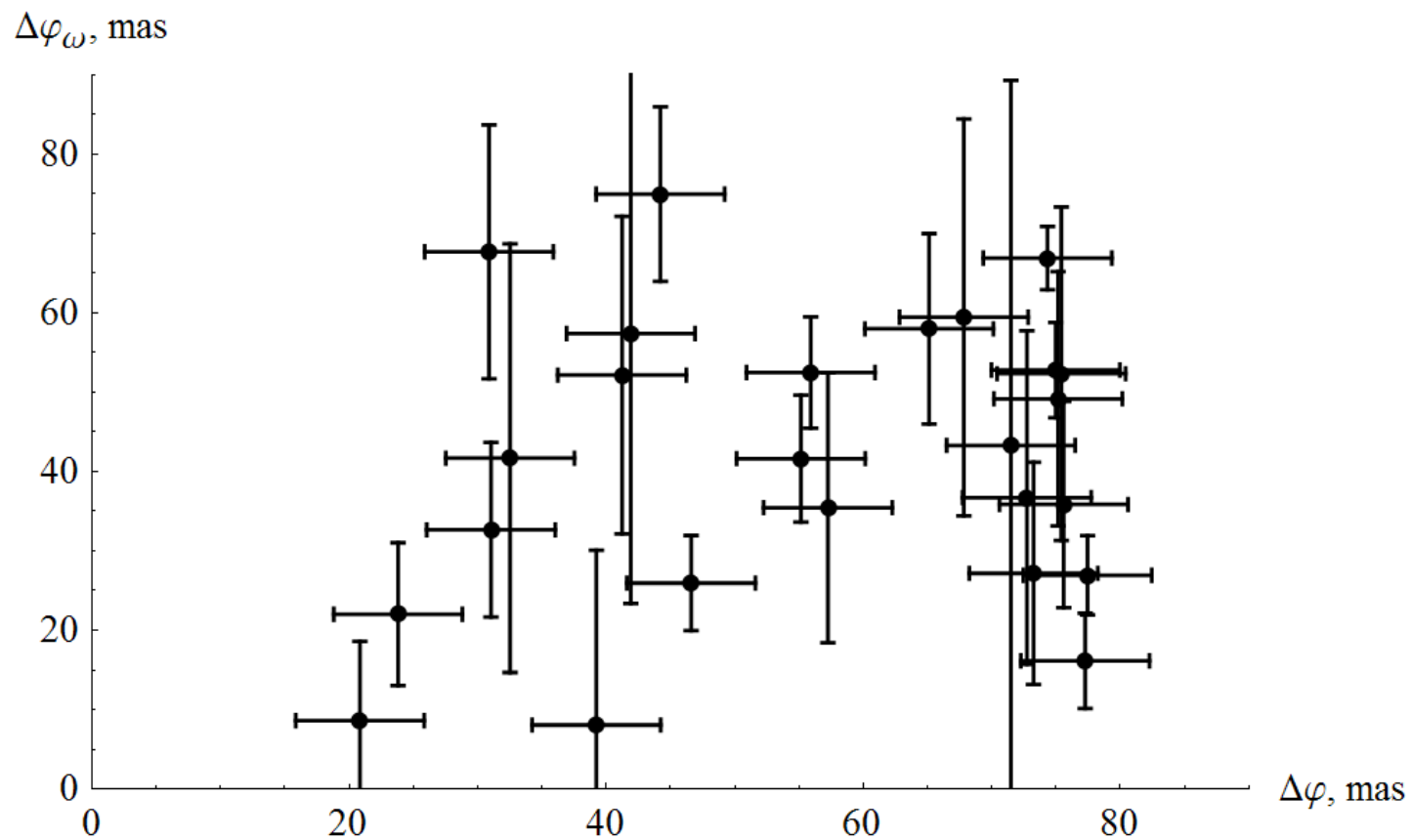


Непосредственные наблюдения квазаров в инфракрасном и радио диапазонах



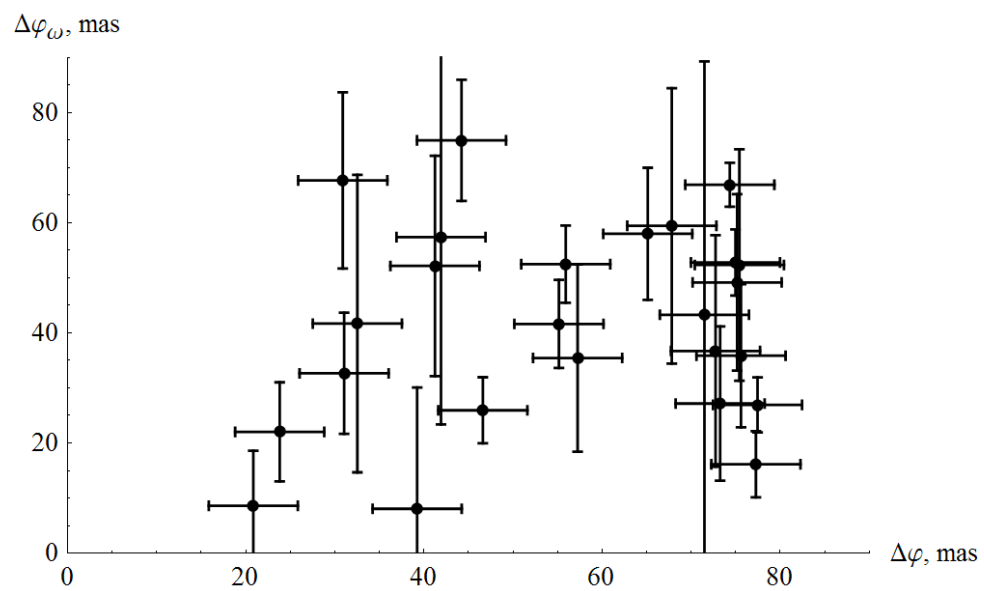
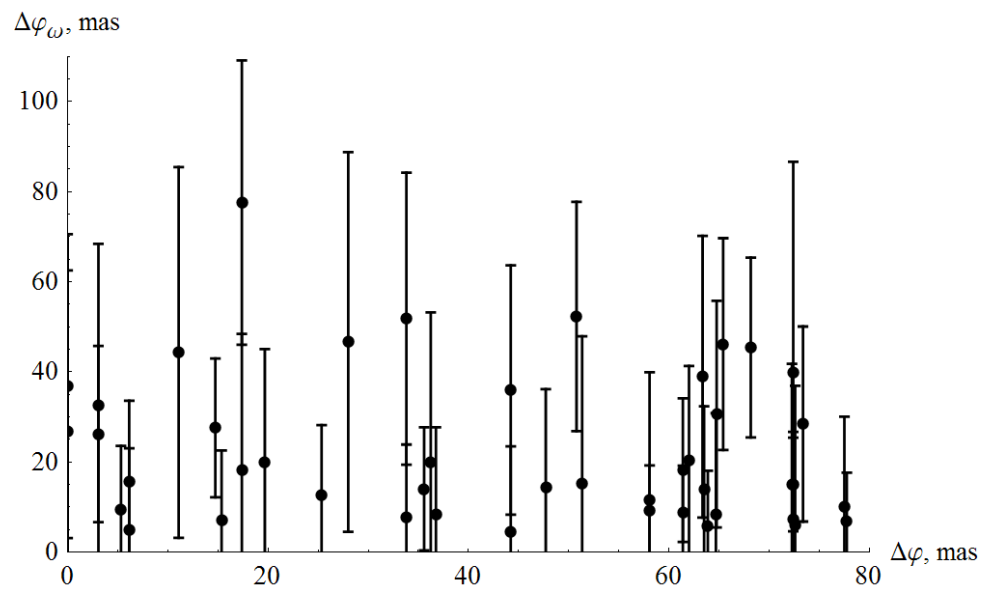
ICRF name	MJD	$\Delta\alpha^*$	σ_{α^*}	$\Delta\delta$	σ_δ	d_{α^*}	d_δ	e_{α^*}	e_δ	N
0312–770	52 648.02	–23	21	47	21	10	5	47	11	5
0431–512	52 649.02	–238	183	333	174	24	11	0	0	3
0511–220	52 650.05	–56	47	141	61	11	3	0	0	3
0521–365	52 650.03	–36	27	–21	27	10	12	9	35	5
0530–727	52 648.05	43	44	5	46	6	5	79	27	4
0528–250	52 649.04	–7	10	5	10	4	4	24	38	6
0537–286	52 650.07	17	9	–14	9	6	6	45	37	7
0614–349	52 649.10	107	20	–190	19	18	15	11	105	4
0622–441	52 650.10	38	32	43	34	8	7	47	32	4
0629–418	52 649.11	1	22	–8	18	18	12	13	9	4
0637–752	52 650.12	–27	14	3	14	5	4	90	37	6
0646–306	52 648.09	–99	10	–21	10	4	3	154	33	6
0700–465	52 649.15	12	6	–23	5	6	16	28	39	9
0700–465	52 650.19	12	6	–23	5	6	16	31	26	10
0742–672	52 649.17	122	12	42	15	2	2	52	24	2

Результат расчета с помощью программы



Возможные причины различия координат не связанные с эффектами квантовой гравитации

- Протяженность квазаров, в частности, различие источников радио и ик излучения.
- Отклонение высокочастотных сигналов ($\sim MHz$) в межзвездной плазме.
- Прецессия джета как нестационарного радио источника.
- Подвижность квазаров.
- Релятивистское движение радио источника.



Благодарим за внимание!